Cianofíceas: um peculiar e importante grupo de microorganismos

Francisco Perlingeiro Neto[1]

Diante das crescentes pressões geradas pelos inúmeros problemas enfrentados atualmente pela sociedade moderna, torna-se imperativo um maior conhecimento dos recursos naturais renováveis à nossa disposição. Este trabalho se propõe a difundir os conhecimentos sobre um grupo de organismos pouco abordado e demonstrar as possibilidades de aproveitamento do mesmo em benefício do homem.

[1] *Engenheiro civil, especialização em energia nuclear, ex-funcionário da Nuclebrás, atualmente fazendo cursos de especialização sobre meio ambiente e economia.*

O autor agradece ao prof. Paulo Occhioni, chefe do Departamento de Botânica do Instituto de Biologia da UFRJ.

Introdução

Na década que se inicia, depara-se o ser humano com desafios relacionados ao seu meio ambiente jamais conhecidos anteriormente e que, se não enfrentados a tempo, certamente se constituirão em grave ameaça à qualidade de vida que representa em si a razão de ser do progresso e da tecnologia. A explosão demográfica, a escassez de alimentos e os problemas sociais dela decorrentes, a progressiva exaustão dos recursos naturais, a crise energética e os altos índices de poluição resultantes de um consumismo abusivo e de uma industrialização excessiva, parecem indicar que devemos reavaliar com urgência a validez de caminhos adotados no passado e procurar meios mais harmoniosos de relacionamento com a natureza.

Tendo este espírito em mente procuramos, através deste trabalho, contribuir para uma visão global de um grupo de organismos que, como outros, pode tornar-se importante aliado do homem na resolução dos problemas acima citados.

Características e peculiaridades

As Cianofíceas, comumente denominadas algas azuis, são organismos de dimensões caracteristicamente microscópicas, embora possam assumir, na forma colonial, dimensões distinguíveis a olho nu. Apresentam formas unicelulares livres ou coloniais e filamentosas, ramificadas ou não, com estrutura celular relativamente simples do ponto de vista morfológico por serem destituídas de organelas portadoras de dupla membrana, tais como, cloroplastos, mitocôndrias e núcleo individualizado. São, portanto, organismos procarióticos, do que resulta uma questionada posição sistemática por parte de alguns cientistas contemporâneos que os consideram bactérias (Stanier et al., 1978), embora tenham sido até hoje tradicionalmente estudados e classificados como algas pelos botânicos. Deve-se notar que as diferenças entre os tipos de pigmentos e detalhes no processo de fotossíntese parecem demonstrar que os dois grupos apenas se encontram em nível evolutivo de organização semelhante e que provavelmente evoluíram a partir de ancestrais distintos, ainda que durante o mesmo período geológico. Admite-se, atualmente, em virtude da descoberta de formações fósseis (estromatolitos) originadas por Cianofíceas, datando 2,8 bilhões de anos, serem estes os prováveis organismos responsáveis pela presença inicial de oxigênio livre na atmosfera terrestre (Bold e Wynne, 1978).

Possuem clorofila a, carotenos, xantofilas e duas biliproteínas características: c-ficocianina e c-ficoeritrina. Dispõem-se os pigmentos sobre lamelas denominadas tilacóides, situadas na região periférica do citoplasma e combinações dos mesmos resulta na grande variedade de coloração apresentada por suas células: verde-azulada, verde, olivácea, amarela, alaranjada, rósea, vermelha, purpúrea, castanha ou mesmo quase negra. Nesta diversidade de cores influi também a eventual pigmentação do envoltório mucilaginoso do qual a maioria das espécies é dotada. A substância de reserva, específica do grupo, é constituída por um polissacarídeo denominado amido das Cianofíceas.

Acreditava-se que apresentavam apenas processos assexuados de reprodução, porém foi constatado o fenômeno de conjugação em *Anacystis niculans* (Bazin, 1968), envolvendo recombinação genética.

Nas Cianofíceas, a motilidade se restringe às formas vegetativas e é representada por movimentos de deslizamento e oscilação em formas filamentosas das famílias *Oscillatoriaceae* e *Nostocaceae* e apenas por deslizamento em algumas unicelulares; algumas espécies de *Oscillatoria* apresentam ainda rotação de seus tricomas com sentido determinado, que parece traduzir um valor específico. A origem de tais movimentos é ainda discutida, sendo porém possivelmente fruto de secreção de mucilagem através de minúsculos poros na parede celular. Os representantes plantônicos do grupo, apresentam eficiente adaptação a este tipo de habitat, pela presença em seu citoplasma de cavidades denominadas pseudovacúolos, cujo conteúdo, de constituição ainda não esclarecida, os possibilitam manter-se flutuando sem depender dos movimentos da massa d'água.

A taxonomia das Cianofíceas constitui-se em outro dos muitos aspectos polêmicos que as envolvem. Bornet e Flahault (1886-1888) e Gomont (1892) dão grande importância em seus trabalhos à dimensão e cor das células, bem como à estrutura do envoltório de mucilagem, como caracteres taxonômicos. Drouet e Dailly (1956) e Drouet (1958) questionam a classificação baseada nestes caracteres e reduzem de forma drástica o número de espécies descritas por seus antecessores.

Um dos fatos marcantes que cercam as Cianofíceas é a extraordinária diversidade de ambientes onde ocorrem. Apresentam grande tolerância à temperatura podendo ser encontradas tanto em águas termais de até 85ºC (Copeland, 1936) como nas regiões desérticas e extremamente frias de Victoria Land na Antártica (Friedman, 1976), consideradas o ambiente mais hostil do planeta. Habitam em sua maioria os ambientes aquáticos, tanto dulcícolas quanto marinhos, nos quais fazem parte do plâncton e do benthos; as formas bentônicas podem ser epífitas, endofíticas, epizóicas, epilíticas, fixas a troncos e galhos ou ainda perfurantes em conchas de gastrópodos. Sua enorme resistência à dessecação lhes permite habitar lagos e poças temporários. Grande número de espécies é indiferente à salinidade, podendo ser encontrada tanto em ambientes marinhos como dulcícolas (Drouet, 1977), não sobrevivendo, entretanto, em meio com pH inferior a 4.0 (Brock, 1973).

Habitam ainda grande número de ambientes subáreos, sendo encontradas em rochas gotejantes, na ficoflora característica dos musgos, em barrancos, pedras e muros úmidos, e em troncos de árvores onde haja razoável umidade. No solo, ocorrem tanto na superfície como no interior deste, podendo subsistir a 2m de profundidade quando então encontramos espécies heterotróficas. Finalmente, existem espécies em íntimas associações com outros organismos: em simbiose com fungos constituindo líquenes, com vegetais superiores como no caso de *Nostoc* sp., no tecido cortical de raízes de espécies de *Cycas* e no talo de *Anthoceros carolinianus*, e com protozoários, ascídeas e esponjas quando são então denominadas cianelas. A ocorrência de representantes do gênero *Oscillatoria* no trato digestivo do homem e de outros animais (Langeron, 1924; Petit, 1926) e de *Anabaena azollae* infestando indivíduos do gênero *Azolla*, são considerados casos de parasitismo. As Cianofíceas são, por outro lado, passíveis de serem infestadas e lisadas por vírus específicos denominados cianófagos.

Importância

São aqui considerados importantes quaisquer eventos em que intervenham as Cianofíceas, sem que sejam necessariamente benéficos ao homem ou mensuráveis em termos econômicos.

Fixação de nitrogênio molecular

No início do segundo quarto do século, comprovou-se pela primeira vez a capacidade de assimilação por uma alga azul de nitrogênio molecular (Drewes, 1928). No entanto, apenas recentemente demonstrou-se a viabilidade do aproveitamento das Cianofíceas como fixadoras de N_2 (Stewart, 1970; Venkataraman, 1972). Tal fato reveste-se de grande importância em função dos altos custos de produção de fertilizantes artificiais nitrogenados e da premente necessidade de se desenvolverem processos biológicos de fixação deste essencial elemento. De igual importância foi a constatação de que as Cianofíceas liberam para o meio circundante grandes quantidades de nitrogênio combinado, principalmente sob a forma de polipeptídeos e em menor escala, de aminoácidos livres (Stewart, 1963; Fogg e Pattnaik, 1966; Jones e Stewart, 1969a).

É reconhecida a importância que a fixação de nitrogênio por algas azuis desempenha na produtividade de arrozais (Singh, 1961; Fogg, 1971b). A inoculação de arrozais com estes organismos é atualmente prática corrente na Índia, Japão e República Árabe Unida. Em ambientes aquáticos dulcícolas que suportam criação de peixes é também considerável sua contribuição para a produtividade de meio, sendo esta estimada em até 33% (Horne e Viner, 1971). Por outro lado, cumpre notar que esta capacidade pode tornar-se indesejável sob o enfoque de eutrofização excessiva de lagos, quando podem aumentar a carga anual de nitrogênio combinado em até 40% (Granhall e Lundgren, 1971).

Toda a evidência até o presente momento, indica serem as Cianofíceas as únicas, dentre os grupos algais, a apresentarem esta capacidade (Stewart, 1971b). Dentre as espécies com maior potencial de fixação, estão as dos gêneros *Nostoc*, *Cylindrospermum*, *Aulosira* e *Calothrix*.

Microflora dos solos

A importância econômica da flora algal e em particular das Cianofíceas, embora de difícil avaliação, é provavelmente considerável, especialmente em solos úmidos. Enquanto que os vegetais superiores são sabidamente controladores importantes de erosão, deve-se ressaltar o fato de que as Cianofíceas desempenham igual

papel em solos áridos ou já erodidos. Esta função é desempenhada de duas maneiras distintas: as espécies portadoras de envoltório mucilaginoso com superfície rugosa, agregam as partículas do solo enquanto que as de bainha firme formam malhas intricadas nas quais as partículas ficam retidas (Halperin, 1969). As Cianofíceas são ainda de vital importância para a estabilização do teor de nitrogênio nos solos tropicais e temperados, sendo possivelmente grande parte do ganho deste elemento devido à presença destes organismos (Henriksson, 1971; Watanabe, 1971).

Por fim, é indubitável a contribuição das Cianofíceas na transformação de substâncias inorgânicas em matéria orgânica, desempenhando papel relevante no enriquecimento dos solos onde ocorrem. São, além disto, as invasoras pioneiras em áreas vulcânicas ou erodidas, iniciando os ciclos de sucessão vegetal (Alexander, 1967). As condições favoráveis para o crescimento abundante de Cianofíceas, quais sejam: pH alcalino + baixo potencial de redox + alta taxa de C/N, foram determinadas por Singh (1961).

Alimento

Na procura de novas fontes de proteínas, em função do sempre crescente aumento da população mundial, as algas começam a despertar interesse em cientistas de vários países. No que concerne às Cianofíceas, algumas espécies de comprovado valor protéico já estão sendo utilizadas. Em Taiwan (Formosa) uma espécie marinha é usada no preparo de doces ou no complemento de outros pratos (Fan, 1953); *Nostoc* spp. são aproveitadas sob várias formas de alimento nas costas do Oceano Ártico, Tibet, Japão, China, Formosa, Paquistão, Equador, Bolívia e Peru; populações negras da República do Chad utilizam desde tempos remotos *Spirulina maxima* como alimento. A análise bioquímica desta alga revelou alto conteúdo protéico (63%—68% do peso seco) e vitamínico (vitaminas C,B_1,B_2,B_6,B_{12}, biotina, ácido pantotênico e provitamina A). No México, o Instituto Nacional de la Nutrición programou a utilização de *Spirulina* sp. como alimento de lactantes e crianças, pela sua incorporação em diversos produtos alimentícios (Halperin, 1971). As pesquisas que se realizam atualmente na França e no México com esta espécie, permitem prever a importância que alcançará seu cultivo nas zonas áridas e semi-áridas, onde já é crítica a escassez de proteínas. Ainda esta mesma alga constitui-se no principal alimento de peixes e flamingos no Lago Naburu e de outros lagos do Rift Valley, na África.

Águas de abastecimento

Sabe-se que os organismos vegetais fotossintetizantes produzem oxigênio de interesse não só para a respiração dos animais aquáticos como também para a oxidação bioquímica de matéria orgânica e estabilização de esgotos, contribuindo muito para melhorar as características da água potável tornando-a, inclusive, mais palatável; é também indiscutível o papel preponderante que desempenham na depuração natural ou artificial de esgotos, especialmente no caso de tratamento das chamadas "lagoas de oxidação" (Branco, 1962). Podem, entretanto, constituir-se em presença incômoda no caso de serem tóxicas ou causadoras de mau odor ou sabor. Dentre as algas azuis, algumas espécies são reconhecidamente causadoras de odores repugnantes, como por exemplo alguns representantes dos gêneros *Anabaena, Microcystis* e *Aphanizomenon.*

A origem destes problemas encontra-se nos produtos de decomposição, quando eventualmente ocorre grande proliferação dos organismos e sua subseqüente morte. Palmer (1959) cita oito espécies de Cianofíceas causadoras de odores e sabores indesejáveis e onze como obturadoras dos filtros de areia nas estações de tratamento d'água. O mesmo autor cita ainda quinze espécies de Cianofíceas como purificadoras de águas contaminadas.

Corrosão

Algumas Cianofíceas são responsáveis, direta ou indiretamente, por corrosão em concreto, ferro e aço. No que diz respeito ao concreto, supõe-se que a bainha gelatinosa das algas juntamente com os ácidos carbônico, oxálico e silícico que produzem, sejam as causas da corrosão que torna o concreto poroso e desagregável (Oborn e Higginson, 1954). Quanto ao aço, foi constatada a presença de *Oscillatoria* sp. em tanques metálicos expostos à luz do sol, nos quais produziu extensos rombos (Myers, 1947).

Genética

Estudos genéticos envolvendo Cianofíceas começaram a ser realizados somente no início dos anos 60. Durante estes últimos anos, não obstante, as pesquisas demonstraram possuírem estes organismos resposta similar à de outros organismos vivos a estímulos mutagênicos. O campo de genética em Cianofíceas já é hoje reconhecido como de potencial valor para a agricultura (Ladha e Kumar, 1978). Poderá não só auxiliar no aprimoramento genético e melhor exploração das espécies fixadoras de nitrogênio, como também possibilitar no futuro, tentativas de transferir para organismos eucarióticos a informação genética para fixação de N_2.

Avanços neste campo poderão também solucionar problemas diversos tais como a teoria endosimbiótica da origem dos cloroplastos, o estabelecimento de simbioses artificiais entre algas azuis e outros organismos, bem como o controle da poluição das águas por meio da produção de mutantes resistentes a agentes poluidores específicos (Kumar, Sharma e Bisaria, 1974).

Toxinas

A primeira referência de que se tem notícia a respeito de intoxicação e morte de animais produzidas por uma alga é de 1878 em Adelaide, Austrália[1]. Nesta ocasião, ocorreu intensa floração da Cianofícea *Nodularia spumigena* no Lago Alexandria, provocando morte rápida em carneiros, cavalos, cães e porcos que ingeriram suas águas. Atualmente, é extensa a relação de casos de intoxicação por águas contendo Cianofíceas de diversos gêneros, dos quais o mais citado como causador de efeitos tóxicos é o gênero *Microcystis* (Branco, 1959). Com menor freqüência, são citados casos envolvendo *Anabaena, Gloeotrichia, Trichodesmium, Lyngbya, Nodularia, Aphanizomenon* e *Coelosphaerium* dentre outros.

Na sua grande maioria, os casos mencionados afetaram animais e não seres humanos. Além do caso anteriormente citado, são diversos os relatos de morte de gado e aves domésticas em outros países. Olson (1955) cita a morte de 150.000 patos no Canadá; Bóssenmaler (1954) relata a morte sistemática de aves aquáticas migratórias no Lago Whitewater, Manitoba,

[1] *Em carta enviada por G. Francis à revista Nature, publicada no nº 18*

com a perda de cerca de 60.000 aves apenas no verão de 1949; Ingram (1954) refere-se à morte de milhares de cabeças de gado no Transwaal e nas Bermudas; Mullor (1944) cita a morte de mais de mil patos na Província de Santa Fé, Argentina; Oliveira et al. (1956) associa uma das modalidades de mortandade de peixes na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, a uma Cianofícea; Satô et al. (1963/1964) relacionam floração marinha de *Trichodesmium erythraeum* à tradicional "Febre de Tamanduré", em Pernambuco. Admite-se que notícias sobre intoxicação de animais não são mais freqüentes devido a uma tendência natural dos veterinários e criadores de atribuírem perdas de gado a causas mais patentes e melhor conhecidas (Olson, 1951).

As referências sobre intoxicação humana são raras e o caso mais conhecido é o de uma criança canadense que faleceu logo após haver ingerido água de uma manancial onde proliferavam Cianofíceas[2]. Por outro lado foram comprovados casos de dermatite aguda em banhistas, provocados por *Lyngbya majuscula* (Grauer e Arnold Jr., 1961). São também conhecidos muitos casos de gastroenterites produzidos por águas tratadas, provenientes de mananciais onde haviam ocorrido florações de algas azuis. Em 1930, 10.000 pessoas em West Virginia, U.S.A., foram afetadas apesar da água ingerida haver sido tratada com os mais modernos processos de purificação (Ingram e Prescott, 1954); os mesmos autores citam ainda epidemias gastrointestinais relacionadas a estas algas em Washington, Weston, Sisterville e outras localidades americanas. Estuda-se ainda a possibilidade de serem as Cianofíceas as causadoras de enfermidades de origem desconhecida, tais como a "febre do feno", a moléstia de Haff e outras (Palmer, 1959).

Biogás

Estão sendo desenvolvidos atualmente na Inglaterra, projetos residenciais energeticamente auto-suficientes, pela obtenção de gás metano através da degradação anaeróbica de biomassa proveniente de algas cultivadas na cobertura das residências (Steadman, 1975). Devido às temperaturas elevadas que estas algas teriam de suportar em climas quentes, parece-nos que seriam as Cianofíceas o grupo de algas a ser empregado no desenvolvimento de tais projetos em nosso país.

[2] *Apud Branco, 1959.*

Ambientes marinhos

Segundo Oliveira Filho (1977), as Cianofíceas apresentam, ao que parece, uma importância insuspeitada nos ambientes marinhos. Este seria, pois, um novo e vasto campo para pesquisa envolvendo as Cianofíceas.

Poluição

Diversas espécies de Cianofíceas são comprovadamente seguras indicadoras de poluição das mais variadas origens (Palmer, 1959). Este autor cita, junto com espécies de outros grupos algais, algas azuis como indicadoras de contaminação do mar e estuários, de despejos industriais, tais como, cobre e sais.

Abstract

In face of the growing pressures caused by the complex problems with which modern society is actually confronted, it becomes extremely necessary a better understanding of the natural resources that surrounds us. It is the proposal of this paper to discuss various aspects concerning a group of organisms that can be more important to man than has been thought of, up to this moment.

Bibliografia

ALEXANDER, M. *Introduction of Soil Microbiology.* John Wiley & Sons Inc., New York, 472p. 1967.

BAZIN, M.J. Sexuality in a blue-green algae: genetic recombination in *Anacystus nidulans. Nature,* 218:282-83. 1968.

BOLD, H.C. & WYNNE, M.J. *Introduction to the Algae: structure and reproduction.* Prentice-Hall Inc., New Jersey, 706p., Ilust. 1978.

BORNET, E. & FLAHAULT, C. Revision des Nostocacées hétérocystées contenues dans les principaux herbiers de France. *Ann. Sci. Nat. VII Bot.* 3: 323-381; 4:343373; 5:51-129; 7:177-262. 1886-1888.

BÓSSENMALER, E.F., OLSON, T.A. & MARSHALL, W.H. *Some field and laboratory aspects of duck sickness at Whitewater Lake, Manitoba.* Trans. of the 19th North Amer. Wild Life Conf. 1954.

BRANCO, S.M. Algas Tóxicas – *Controle das Toxinas em Águas de Abastecimento.* IV Sem. de Professores Relacionados com a Eng. Sanitária, Porto Alegre: 47-53. 1959.

__________. *Controle Preventivo e Corretivo de Algas em Águas de Abastecimento.* Sep. REV. D.A.E., 45:61-75. 1962.

BROCK, T.D. Lower pH limit for the existence of blue-green algae: evolutionary and ecological implications. *Science,* 179:480-83. 1973.

COPELAND, J.J. Yellowstone thermal Myxophyceae, *Amer. New York Acad. Sci* 36:1-232 73 figs. 1936.

DREWES, K. *Uber die Assimilation des Luftstickstoffs durch Blauagen.* Zentr. Bakteriol. Parasitenk. Abt. II.76:88-101. 1928.

DROUET, F. & DALLY, W.A. Revision of the coccoid Myxophyceae. *Butler Univ. Bot. Stud.,* 12:1-218. 1956.

DROUET, F. Revision of the classification of the Oscillatoriaceae. *Monogr. Ac. Nat. Sci. Philadelphia,* 15:1-370. 1968.

__________. *Myxophyceae.* Biota Acuática de Sudamerica Austral. 1977.

FAN, K.C. *A list of edible seaweeds in Taiwan. Rep. Lab. Hydrobiol.,* 5:1-11. 1953.

FOGG, G.E. & PATTNAIK, H. *The release of extracellular nitrogenous products by Westiellopsis prolifica Janet.* Phykos, 5:58-67. 1966.

FOGG, G.E. *Blue-green algae in rice cultivation.* Proc. 3rd. Int. Conf. on the Global Impacts of Applied Microbiology, Univ. of Bombay., 46-52. 1971b.

FRIEDMAN, E.I. & OCAMPO, R. Endolithic Blue-Green algae in the Dry Valley primary producers in the Antartic Desert Ecosystem. Science, 193:1247-49. 1976.

GOMONT, M. Monographie des Oscillariées (nostocacées homocystées). *Ann. Sci. Nat. VII. Bot.* 15:263-368. 16:91-264. 1892.

GRANHALL, U. & LUNDGREN, A. *Nitrogen fixation in Lake Erken.* Limnol. Oceanogr., 16:711-19. 1971.

GRAUER, F.H. & ARNOLD JR., H.L. *Seaweed Dermatitis. 81 st Ann. Meeting of the Am. Derm. Ass.,* Inc., Bermudas: 62-74. 1961.

HALPERIN, D.R. de *Biodermas algales y*

su papel en la consolidacion de los agregados del suelo. Physis, XXIX, nº 9 78:37-48. 1969.

————. *Las algas en la alimentación humana*. Contrib. Téc. nº 10 del Centro de Invest. de Biol. Mar., Argentina. 1971.

HENRIKSSON, E. *Algal nitrogen-fixation in temperate regions*. Plant and Soil, Special Volume :415-19. 1971.

HORNE, A.J. & VINER, A.B. *Nitrogen fixation and its significance in tropical Lake George, Uganda*. Nature, Lond., 232:417-18. 1971.

INGRAM, W.N. & PRESCOTT, G.W. Toxic fresh-water algae. *The Am. Midland Nat.*, vol. 52. 1954.

JONES, K. & STEWART, W.D.P. Nitrogen turnover in marine and brackish habitats. III. The production of extracellular nitrogen by Calothrix scopulorum. *J. Mar. Biol. Ass.* U.K., 49: 475-88. 1969.

KUMAR, H.D., SHARMA, V. & BISARIA G.P. Production of pollution-tolerant strains of unicellular algae thorough mutagenic treatment. I. Ethyl methane sulphonate. *Zeitschrift für Allgemeine Mikrobiol.* 14:487-96. 1974.

LADHA, J.K. & KUMAR, H.D. Genetics of Blue-Green Algae. *Biol. Rev.*, 53: 355-386. 1978.

LANGERON, M. Les Oscillariées parasites du tube digestif de l'homme et des animaux. *Ann. Parasitor. humaine et comp.*, 1:75-89, 113-123 10 figs. (Ref. Rev. Algologique, 1:186-88, 1924). 1923.

MYERS, H.C. The role of algae in corrosion. *Jour. Amer. Water Wks. Assn.*, 39:322-24. 1947.

MULLOR, J.B. Algas Toxicas. *Rev. de San., Assist. Soc. y Trabajo*, 1:95-114. 1944.

OBORN, E.T. & HIGGINSON, E.C. *Biological corrosion of Concrete*. U.S. Dept. of Interior. 1954.

OLIVEIRA FILHO, E.C. *Algas Marinhas Bentônicas do Brasil*. Dept. de Botânica da USP, São Paulo, Tese Mimeografada 407 p. 1977.

OLIVEIRA, L. de, NASCIMENTO, R., KRAU, L. & MIRANDA, A. *Diagnóstico Biológico das Mortandades de Peixes na Lagoa Rodrigo de Freitas*. Brasil-México, 70:115-129. 1956.

OLSON, T.A. *Studies of algae poisoning*. The Flicker, 27. U.S.A. 1955.

PALMER, C.M. *Algae in water supplies*. 1 vol., :1-81,6 pl. 55 figs. U.S. Dept. of Health, Education and Welfare, Publication nº 657, Washington. 1959.

PETIT, A. *Contribuition à l'étude cytologique et taxonomique des bacteries*. Compt. Rend Acas. Sci. Paris, 182: 717-19, 4 figs. 1926.

SATÔ, S., PARANAGUÁ, M.N. & ESKINAZI, E. *On the mecanism of Red Tide of Trichodesmium erythraeum in Recife, Northeastern Brasil, with some considerations of the relation to the human disease, "Tamandaré Fever"*. Trab. Inst. Oceanogr. Univ. Recife, 5/6:7-49. 1963-1964.

SINGH, R.N. *Role of blue-green algae in nitrogen economy of Indian Agriculture*. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. 1961.

STANIER, R.Y., et alii. Proposal to the nomenclature of the Cyanobacteria (Blue-Green Algae) under the rules of the International Code of Nomenclature of Bacteria. *Inter. J. System. Bacteriol.*, 28:335-36. 1978.

STEADMAN, P. *Energia, medio ambiente y edificación*. H. Blume ed. (Madrid), 312 p. 1975.

STEWART, W.D.P. Liberation of extracellular nitrogen by two nitrogen-fixing blue-green algae. *Nature, Lond.*, 200:1020-21. 1963.

————. Algal fixation of atmosferic nitrogen. Plant & Soil, 32:555-86. 1970.

————. *Nitrogen fixation in the sea*. In Fertility of the Sea, ed. Costlow J.D. :537-64. 1971.

VENKATARAMAN, G.S. *Algal biofertilizers and rice cultivation*. Today & Tomorrows. 1972.

WATANABE, A. & YAMAMOTO, Y. *Algal nitrogen-fixation in the Tropics*. Plant & Soil, Special Volume: 403-13. 1971.